

## Karta modułu/przedmiotu

|                          |  |           |   |              |         |  |                        |
|--------------------------|--|-----------|---|--------------|---------|--|------------------------|
| Wypełnia Zespół Kierunku | Nazwa modułu (bloku przedmiotów):<br><b>PRZEDMIOTY WYBIERALNE KIERUNKOWE</b>     |           |   |              |         | Kod modułu: C.18.1                             |                        |
|                          | Nazwa przedmiotu:<br><b>MASZYNY WIRNIKOWE</b>                                    |           |   |              |         | Kod przedmiotu: C.18.1.2                       |                        |
|                          | Nazwa jednostki prowadzącej przedmiot / moduł:<br><b>INSTYTUT POLITECHNICZNY</b> |           |   |              |         |  |                        |
|                          | Nazwa kierunku:<br><b>MECHANIKA I BUDOWA MASZYN</b>                              |           |   |              |         |  |                        |
|                          | Forma studiów:<br><b>STACJONARNE</b>   |           | Profil kształcenia:<br><b>PRAKTYCZNY</b>        |              |         | Poziom kształcenia:<br><b>STUDIA I STOPNIA</b> |                        |
|                          | Rok / semestr:<br><b>II/4</b>  |           | Status przedmiotu /modułu:<br><b>WYBIERALNY</b> |              |         | Język przedmiotu / modułu:<br><b>POLSKI</b>    |                        |
|                          | Forma zajęć  | wykład    | ćwiczenia                                       | laboratorium | projekt | seminarium                                     | inne<br>(wpisać jakie) |
|                          | Wymiar zajęć   | <b>30</b> | -   | <b>15</b>    | -       | -  | -                      |

|                                 |   |
|---------------------------------|---|
| Koordynator przedmiotu / modułu | <b>prof. dr hab. inż. Zbigniew Walczyk</b>  |
| Prowadzący zajęcia              | <b>prof. dr hab. inż. Zbigniew Walczyk</b>  |
| Cel przedmiotu / modułu         | <p>Celem wykładu jest przedstawienie i wyjaśnienie studentowi elementarnych teoretycznych podstaw termodynamicznych, energetycznych i mechanicznych pracy maszyn wirnikowych z czynnikiem roboczym gazowym (para wodna, spaliny, powietrze) i ciekłym (woda).<br/>W tym zakresie wykład obejmuje turbiny parowe i gazowe, sprężarki, turbiny wodne oraz turbodoładowarki silników spalinowych.<br/>Wykład również zapoznaje studentów w zakresie ogólnym z budową poszczególnych rodzajów maszyn wirnikowych oraz w zakresie elementarnym z budową podstawowych ich elementów konstrukcyjnych, ograniczając zagadnienia konstruowania do elementarnych typowych sposobów optymalizacji obiegów cieplnych, zagadnienia eksploatacyjne do przedstawienia podstawowych termodynamiczno-mechanicznych charakterystyk zewnętrznych maszyn, zaś zagadnienia mechaniczne do elementarnych problemów wytrzymałości i dynamiki łopatek i wirników.</p> <p>Celem ćwiczeń laboratoryjnych jest zapoznanie studenta z metodami eksperymentalnego wyznaczania charakterystyk wybranych maszyn wirnikowych (typ wybranych maszyn w poszczególnych latach może ulegać zmianie z powodu zmiany miejsca przeprowadzania zajęć (uczelnia techniczna współpracująca, fabryka turbin lub elektrownia wodna)</p> |
| Wymagania wstępne               | <p>Podstawy z mechaniki, wytrzymałości materiałów, teorii drgań mechanicznych, mechaniki płynów oraz z termodynamiki:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Mechanika techniczna</li> <li>- Wytrzymałość materiałów</li> <li>- Drgania mechaniczne</li> <li>- Mechanika płynów</li> <li>- Termodynamika techniczna</li> </ul>  |

### EFEKTY KSZTAŁCENIA

| Nr | Opis efektu kształcenia  | Odniesienie do efektów dla kierunku |
|----|--|-------------------------------------|
| 01 | Zna i rozumie podstawowe obiegi termodynamiczne „turbinowe” i „sprężarkowe”. Potrafi wykonać szkic obiegu na wykresie Moliera (T,s) i na wykresie Clapeyrona (p,v) oraz opisać podstawowe przemiany składowe obiegu. | K1M_W05                             |
| 02 | Zna i rozumie pojęcie sprawności obiegu oraz potrafi opisać podstawowe zabiegi (karnotyzacja obiegu) zwiększające sprawność.   | K1M_W05                             |
| 03 | Zna i rozumie w elementarnym zakresie pracę dyszy Bendemanna i de Laval.   | K1M_W05<br>K1M_W08                  |
| 04 | Zna i rozumie zjawiska prowadzące do powstawania siły motorycznej zachodzące w stopniu turbiny parowej i gazowej oraz wodnej. Zna pojęcie reakcyjności stopnia turbinowego i turbiny.                                | K1M_W05<br>K1M_W06<br>K1M_W08       |
| 05 | Zna i rozumie oraz potrafi uzasadnić konieczność budowy turbin i sprężarek wielostopniowych.   | K1M_W13                             |
| 06 | Zna i rozumie oraz potrafi opisać budowę typowych turbin parowych, gazowych, wodnych oraz sprężarek i pomp. Zna i potrafi opisać standardowe konfiguracje elektrowni cieplnych i wodnych.                            | K1M_W13<br>K1M_W15                  |
| 07 | Rozumie potrzebę dbałości o jakość środowiska i zna wiele rodzajów urządzeń mechanicznych służących wykorzystaniu odnawialnych źródeł energii (siłownie wiatrowe, pływowe, geotermalne).                             | K1M_W16                             |
| 08 | Zna i rozumie oraz potrafi naszkicować podstawowe charakterystyki zewnętrzne turbin i sprężarek. Zna pojęcie podobieństwa hydrodynamicznego pomp.  | K1M_W13                             |
| 09 | Ma ogólne zrozumienie zagadnień drgań, wytrzymałości i niezawodności elementów turbin i sprężarek.   | K1M_W06<br>K1M_W14                  |
| 10 | Potrafi obliczyć sprawności teoretyczne obiegów, ich prace i ciepła.   | K1M_U12                             |
| 11 | Zna i rozumie oraz potrafi naszkicować charakterystykę akcyjnego i reakcyjnego stopnia turbiny oraz wskazać zakresy pracy optymalnej.  | K1M_W14                             |
| 12 | Potrafi narysować trójkąty prędkości stopnia turbinowego i sprężarkowego oraz obliczyć wartości prędkości mając termodynamiczne dane czynnika.   | K1M_U12                             |
| 13 | Potrafi na zewnętrznych charakterystykach turbin, sprężarek i pomp wskazać obszary pracy optymalnej i uzasadnić to.  | K1M_U01<br>K1M_U12                  |
| 14 | Potrafi dobrać rodzaj i typ pompy do zadanych warunków.  | K1M_U01<br>K1M_U14                  |
| 15 | Potrafi omówić współpracę sprężarki z rurociągiem i możliwość wystąpienia zjawisk niekorzystnych.  | K1M_U12<br>K1M_U20                  |
| 16 | Potrafi naszkicować wykres Cambela drgań łopatki wirnikowej i omówić cel tworzenia takich wykresów.  | K1M_U12<br>K1M_U14                  |
| 17 | Potrafi wykonać elementarne obliczenia wytrzymałościowe walcowej wirnikowej łopatki turbinowej.  | K1M_U12                             |

## TREŚCI PROGRAMOWE

### Wykład

- Powtórka podstaw termodynamiki: entalpia, entropia, obiegi termodynamiczne (praca, odwracalność, sprawność), wykresy parowe.
- Siłownie z turbinami parowymi: obieg Rankine'a, elementy obiegu, sprawności. wpływ parametrów pary świeżej i ciśnienia w skraplaczu na sprawność obiegu, obiegi z przegrzewem międzystopniowym, dobór ciśnienia przegrzewu, wady i zalety przegrzewu międzystopniowego, obiegi z regeneracyjnym podgrzewaniem wody zasilającej.
- Siłownie z turbinami gazowymi: rzeczywisty obieg otwarty prosty silnika turbogazowego, obliczanie obiegu prostego turbiny gazowej, wpływ sprężu i temperatury za komorą spalania na sprawność obiegu.
- Turbiny parowe i gazowe:
  - *teoria stopnia turbiny osiowej*, siły działające na łopatkę wirnikową, trójkąty prędkości, równanie Eulera, profile turbinowe i palisady profili, stopnie o budowie tarczowej (akcyjne) i bębnowej (reakcyjne), charakterystyki sprawnościowe stopni turbinowych, stopnie Curtisa,
  - *turbiny wielostopniowe*,
  - *metody regulacji turbin*,
  - *główne elementy budowy turbin parowych i gazowych*.
- Turbiny wodne:
  - *teoretyczne podstawy pracy turbin wodnych*,
  - *moc turbiny wodnej i jej sprawność*,
  - *charakterystyka uniwersalna i eksploatacyjna*.
- Sprężarki wirnikowe:
  - *termodynamiczne przemiany procesu sprężania, sprężanie z chłodzeniem sprężanego czynnika*,
  - *główne elementy budowy i zasada pracy sprężarki promieniowej i sprężarki o przepływie osiowym*
  - *charakterystyki sprężarek i metody regulacji, praca równoległa i szeregową sprężarek*.
- Turbodoładowarki:
  - *rodzaje turbodoładowarek*,
  - *zasadnicze cechy konstrukcyjne*,
  - *współpraca turbodoładowarki z silnikiem spalinowym tłokowym*.

### Laboratorium

- zapoznanie się z głównymi elementami budowy turbin parowych i gazowych w fabryce turbin
- wyznaczanie widma drgań turbinowej łopatki wirnikowej w fabryce turbin
- wyznaczanie współczynników siły nośnej i oporu przepływu łopatek turbinowych w tunelu aerodynamicznym
- pomiary charakterystyki statycznej turbiny gazowej lub sprężarki wirnikowej.

|                          |   |
|--------------------------|---|
| Literatura podstawowa    | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Perycz S.: Turbiny parowe i gazowe, Ossolineum, Wrocław;</li> <li>- Krzyżanowski W.: <i>Turbiny wodne. Konstrukcja i zasady regulacji</i>, WNT;</li> <li>- Witkowski A.: <i>Sprężarki wirnikowe. Teoria, konstrukcja, eksploatacja</i>. Wyd. Pol. Śląskiej, ISBN: 83-7335-217-1;</li> <li>- Wajand J.,A.: <i>Tłokowe silniki spalinowe</i>, Warszawa WNT, 2000</li> </ul>  |
| Literatura uzupełniająca | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Chmielniak T.: <i>Turbiny ciepłe. Podstawy teoretyczne</i>, Wyd. Pol. Śląskiej</li> <li>- Chmielniak T.: <i>Maszyny Przepływowe</i>. Wyd. Pol. Śląskiej;</li> <li>- Stępniewski M.: <i>Pompy</i>. WNT Warszawa 1994</li> <li>- <i>Poradnik Inżyniera Mechanika</i>, T. II, <i>Zagadnienia konstrukcyjne</i>, rozdz. VII, VIII, IX, XI, XII, XIII, WNT;</li> <li>- Tuliszka E.: <i>Turbiny ciepłe - zagadnienia termodynamiczne i przepływowe</i>, WNT;</li> <li>- Tuliszka E.: <i>Sprężarki, dmuchawy i wentylatory</i>, WNT.</li> </ul> |

|   |  |                              |
|---|--|------------------------------|
| Metody kształcenia  | <p><u>Wykład</u>: multimedialny poparty wyjaśnieniami szczegółowymi na tablicy z użyciem „kredy”. Wiele przykładów komentowanych w kontekście wziętych z praktyki inżynierskiej.</p> <p><u>Ćwiczenia laboratoryjne</u>. Student głównie jako obserwator i częściowo jako „grupowy uczestnik-wykonawca” praktycznie zapoznaje się z wykonywanym eksperymentem wykonywanym w laboratorium i następnie opracowuje sprawozdanie merytoryczne.</p> <p><u>Konsultacje indywidualne</u>: służą udzieleniu studentowi wyjaśnień problemów przez niego wskazanych i udzielaniu odpowiedzi na jego pytania.</p>  |                              |
| <b>Metody weryfikacji efektów kształcenia</b>   |  | <b>Nr efektu kształcenia</b> |
| Egzamin pisemny dwuczęściowy ( po bieżącym semestrze z dwóch semestrów ): - teoria (wiedza)<br><br>(umiejętności) |  | 01 do 09<br>10 do 17         |
| <b>Forma i warunki zaliczenia</b>   | <p><u>Składniki oceny końcowej (za semestr)</u>:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Ocena egzaminu pisemnego <span style="float: right;">0,75</span></li> <li>- ocena ćwiczeń laboratoryjnych <span style="float: right;">0,25</span></li> <li>- udział w wykładach*; udział w ćwiczeniach laboratoryjnych**</li> </ul> <p>* ) nie ma możliwości przystąpienia do zaliczenia pisemnego jeżeli nieobecność nieusprawiedliwiona na wykładach wynosiła więcej niż 50% zajęć</p> <p>** ) zaliczenia ćwiczeń laboratoryjnych jest możliwe tylko wtedy gdy zostały zaliczone wszystkie poszczególne ćwiczenia przewidziane programem</p> |                              |

| <b>NAKŁAD PRACY STUDENTA</b>   |               |  |
|--|---------------|--|
|  | Liczba godzin |  |
|  | ogółem        | zajęcia powiązane z praktycznym przygotowaniem zawodowym |
| Udział w wykładach   | <b>30</b>     | -  |
| Samodzielne studiowanie tematyki wykładów  | 25            | -  |
| Udział w ćwiczeniach laboratoryjnych   | <b>15</b>     | 15   |
| Samodzielne przygotowywanie się do ćwiczeń   | 15            | 15   |
| Przygotowanie projektu / eseju / itp.  | -             | -  |
| Przygotowanie się do egzaminu / zaliczenia   | -             | -  |
| Udział w konsultacjach   | 5             | 4  |
| Inne   | -             | -  |
| <b>ŁĄCZNY nakład pracy studenta w godz.</b>  | 90            | 34   |
| <b>Liczba punktów ECTS za przedmiot</b>  | <b>3</b>      |  |
| Liczba p. ECTS związana z zajęciami powiązanych z praktycznym przygotowaniem zawodowym | <b>1,1</b>    |  |
| Liczba p. ECTS za zajęciami wymagające bezpośredniego udziału nauczycieli akademickich | <b>1,7</b>    |  |